Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2006

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA POBLACIÓN DE *Pinus hartwegii* Lindl. DEL COFRE DE PEROTE, VERACRUZ, MÉXICO

Lourdes G. Iglesias Andreu y Yamilet Tivo Fernández

Ra Ximhai, mayo-agosto, año/Vol.2, Número 2
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 449-468

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA POBLACIÓN DE *Pinus hartwegii* Lindl. DEL COFRE DE PEROTE, VERACRUZ, MÉXICO

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE POPULATION OF *Pinus hartwegii* Lindl. OF "COFRE DE PEROTE, VERACRUZ, MÉXICO"

Lourdes G. **Iglesias-Andreu**[1] y Yamilet **Tivo-Fernández**[2]

[1]Investigador de Tiempo Completo Académico de Carrera Titular "C" del Laboratorio de Biotecnología y Ecología Aplicada de la Universidad Veracruzana. Correo electrónico: lgeorg01@hotmail.com. [2]Laboratorio de Biotecnología y Ecología Aplicada. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, 91000 México. Correo electrónico: yamilet84@yahoo.com.mx.

RESUMEN

Se evaluó la variabilidad morfométrica (fascículos, conos y semillas) de una población natural de *Pinus hartwegii*, ubicada entre los 3,500 y 3,800 msnm en el Cofre de Perote, Veracruz. Se detectó una alta variabilidad intrapoblacional en las características morfométricas evaluadas. De acuerdo a la variación morfométrica los árboles se clasificaron en seis grupos.
Palabras clave: Acículas, características silvícolas, conos, marcadores morfométricos, variación y semillas.

SUMMARY

It was performed an evaluation of the morphometric variation (aciculas, cones and seeds), from natural stand of *Pinus hartwegii* population ubicated about 3,500 and 3,800 msnm in Cofre de Perote, Veracruz. It was detected high variability in the morphometric characteristics evaluated. The trees were classify in six groups.
Key Words: Acículas, silvícolas characteristics, cones, morphometric markers, variation and seeds.

Recibido: 21 abril 2006. Aceptado: 22 de julio de 2006.
Publicado como ARTÍCULO en Ra Ximhai 2 (2): 449 – 468. 2006.

INTRODUCCIÓN

Las zonas alpinas de México son muy importantes ya que albergan diversas especies endémicas, y ocupan solamente el 1% del territorio nacional. En un escenario de calentamiento global, dichas especies son las más susceptibles de ser afectadas por estar adaptadas a condiciones frías (Hernández *et al*., 2005).

La especie de *Pinus hartwegii* Lindl o mejor conocido como pino de las alturas, es el único en México que se encuentra en el límite de la vegetación arbórea a una altura de alrededor de los 2,800 a 4,200 m (Campos, 1993). Algunas de las poblaciones naturales de esta especie en México se encuentran seriamente amenazadas por factores naturales y antropogénicos, constituyendo en la actualidad poblaciones reducidas, fragmentadas y aisladas entre sí (López, 1993). El crecimiento de esta especie está limitado principalmente por las condiciones ambientales predominantes en dichas zonas (bajas temperaturas y escasa precipitación) (Hernández *et al*., 2005).

La población del Pico de Orizaba al igual que la del Cofre de Perote de esta especie, se encuentran seriamente afectadas debido a problemas de reproducción (alto porcentaje de semillas vacías y baja germinación) que se han detectado en estudios previos de viabilidad (Iglesias *et al*., 1999; Tivo e Iglesias, 2004; Iglesias *et al*., 2005) y que al parecer constituyen manifestaciones del fenómeno de depresión consanguínea, bastante común en especies de coníferas (Williams y Savolaienen, 1996). Esta problemática está para que no exista cacofonía ocasionando una sensible disminución en la producción y calidad de la semilla de esas poblaciones que están provocando una seria reducción de las tasas reproductivas en las mismas (Iglesias *et al*., 1999; Tivo e Iglesias, 2004).

La conservación de éstas y el manejo adecuado de las mismas requieren, entre otros aspectos, del conocimiento preciso de la magnitud y patrón de variación geográfica y genética en diferentes características de importancia botánica y económica (Iglesias y Tivo, 2005). Dicha información puede utilizarse posteriormente para emprender programas de manejo, conservación y mejoramiento de la especie (López, 1993).

Para México y en particular para Veracruz, resulta de interés disponer de información sobre la variabilidad morfométrica existente en poblaciones de pinos como la del Pico de Orizaba ya que hasta la fecha no se dispone de suficiente información al respecto. Algunos estudios realizados han permitido conocer la variación en las características morfológicas, de calidad de la madera y ecológicas de algunas poblaciones de esta especie (Pérez, 1984; Bonilla, 1993; Solís, 1994).

El presente trabajo tiene como objetivo general evaluar la variación intrapoblacional de *P. harwegii* de la región del Cofre de Perote. Además estimar la variación de las características evaluadas atribuibles a los factores genéticos y ambientales; explicar la variación de los caracteres evaluados con las características de los árboles y clasificar los genotipos de pino sobre la base de la variación en las características morfométricas evaluadas, los que puedan ser de utilidad para emprender programas adecuados de manejo, conservación y mejoramiento genético en la misma.

MATERIALES Y MÉTODOS

La población de *P. hartwegii* en estudio estuvo constituida por árboles que se encuentran ubicados en las regiones del Pico de Orizaba y el Cofre de Perote del estado de Veracruz, México (Figura 1), a una altitud entre 3,500 y 3,800 m a 19º 01´ longitud Norte y 97º 15´ latitud Oeste respectivamente. Estas localidades se caracterizan por presentar una precipitación media anual de 2,091.1 mm y una temperatura media anual de 18.8ºC. Crece sobre suelos profundos, arenosos y con buen drenaje (Servicio Metereológico Nacional, 1984).



Figura 1. Ubicación geográfica de la población de *P. hartwegii* bajo estudio.

Para efectuar la colecta del material vegetal se realizó un recorrido por las dos poblaciones en estudio: Pico de Orizaba y Cofre de Perote y posteriormente se seleccionaron de cada una de ellas una muestra conformada por 30 y 24 árboles respectivamente a partir de la apariencia externa o fenotipo, basándose en el factor probabilístico de que un fenotipo tenga suficiente base genética para mostrar una reacción favorable ante distintos ambientes y es de tipo direccional, en cuanto a que se selecciona hacia un extremo de la población, buscando incrementar la media de las poblaciones futuras, es decir, de acuerdo a siguientes criterios de inclusión como: la rectitud del fuste, la poda natural, la conformación de la copa y ramas, libres de plagas y enfermedades, espaciados a una distancia aproximada de 50 m para evitar el efecto de coancestría y que estuviesen a diferentes gradientes altitudinales con el fin de mejorar en sentido positivo el genotipo medio de una población, a través de la selección de árboles superiores en los rodales naturales o plantaciones (Acosta 1993, SIRE: Conabio-Pronare 2001, Nieto de Pascual-Pola *et al*., 2003). El tamaño de las muestras se basó a las cifras recomendadas por Callaham (1964) para aquellos casos en los que no se conoce la variación fenotípica de los árboles.

Se tomó arbitrariamente de la parte media de la copa de cada árbol en estudio, una muestra vegetativa que consistió de ramillas, fascículos y conos cerrados. Estos se etiquetaron debidamente, guardando la identidad de cada árbol para su traslado al Laboratorio de Biotecnología y Ecología Aplicada (LABIOTECA) para realizar su evaluación.

De cada árbol se evaluó con la ayuda de un clinómetro, la altura total de los árboles (AT) y la altura a la base inferior de la primera rama (APR) en metros y el diámetro a la altura de pecho (DAP) en cm con una cinta diamétrica. Conjuntamente se evaluó la calidad del árbol con una escala de clasificación de 1 a 3, siguiendo la metodología propuesta por Murillo y Camacho (1992) quienes clasifican como 1 a los individuos con tallo recto, 2 semirrecto y 3 con curvatura acentuada.

Para el análisis de las características de las hojas se tomó de cada árbol una muestra al azar conformada por 30 fascículos siguiendo el tamaño de muestra recomendado por Pérez (1984) para este tipo de estudio. Se evaluó el número de acículas por fascículo (NA) y con la ayuda de una regla graduada en milímetros se midió la longitud de las acículas mayores (LAMa), la longitud de las acículas menores (LAMe), la longitud del braquiblasto (LB) y la longitud del fascículo (LF).

Simultáneamente se recolectaron todos los conos cerrados presentes en los árboles seleccionados y se evaluaron por cada árbol en estudio las siguientes características: peso (Peso), largo (Largo), ancho de la base del cono (AB), ancho del ápice del cono (AA) y el peso promedio de las semillas por cono (PP.SE/C). El peso de los conos y el de semillas se determinó de manera individual con una balanza analítica (marca Ohaus) con una precisión de 0.01 g. El peso de las semillas se efectuó por grupos de 10 semillas, luego se trabajó con pesos promedios de semillas por cono.

Finalmente de cada cono evaluado se tomó arbitrariamente de la parte central 10 semillas y se evaluó con un vernier (marca Scala) con una precisión de 0.1 mm, las siguientes características: el largo, el ancho y el grosor de cada una.

Con el fin de describir la población se realizaron los análisis exploratorios para cada característica de la variable evaluada. Primeramente se utilizaron cuadros con estadísticas descriptivas: tamaño de la muestra (N), media (Prom.), desviación estándar (Desv.), valor máximo (Máx.) y mínimo (Mín.). Luego para cada carácter morfométrico se calcularon los valores de Coeficiente de Variación (CV) y de Factor de Variación (FV), éste último siguiendo la metodología indicada por CIAT (1983).

Se efectuó un análisis de correlaciones entre las características silvícolas evaluadas en los árboles y las variables de las acículas, conos y semillas. Esto con el fin de determinar las variables de los árboles que pueden explicar la variación de los caracteres morfométricos analizados.

Originalmente se planteó un modelo jerárquico para explicar la variación entre las diversas características morfométricas (foliares, conos y semillas) a diferentes niveles (Cuadro 1).

Cuadro 1. Modelo jerárquico para explicar las características morfométricas (foliares, conos y semillas) a diferentes niveles.

Variables respuesta	
Fascículos y conos	Semillas
$Yij= \mu + Bi+ Ej(i)$	$Yikj= \mu + Bi + Ak(i)+ Ej(ik)$

$$Bi = \beta 00+\beta 01\ AT+ \beta 02\ Diámetro+\beta 03\ A.P.Rama+\beta 04\ Calidad+ uoj$$

Donde:

Yikj = Variable respuesta.

μ = Media general.

Bi= Efecto del i-ésimo árbol.

Ak(i)= Efecto del k-ésimo cono dentro del i-ésimo árbol.

Ej(ik)= Error aleatorio.

Se realizaron análisis foliares, de conos y semillas que proporcionaron evidencia de que no existía suficiente variación a nivel de árbol, por lo que se propusieron los siguientes modelos en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Modelo jerárquico para explicar las características morfométricas (foliares, conos y semillas) que proporcionaron evidencia de que no existe suficiente variación a nivel de árbol.

Variables respuestas	
Fascículos y conos	Semillas
$Yij= \mu + Bi+ Ej(i)$	$Yikj= \mu + Bi + Ak(i)+ Ej(ik)$

Donde:

Yikj = Variable respuesta.

= Media general.

Bi= Efecto del i-ésimo árbol.

Ak(i)= Efecto del k-ésimo cono dentro del i-ésimo árbol.

Ej(ik)= Error aleatorio.

Para determinar la existencia de variación, se realizaron análisis de la misma ajustando para las variables correspondientes a las semillas, un modelo anidado de acuerdo con el programa Statistica (1998). Se estimaron los componentes de varianza según un modelo aleatorio (Steel y Torrie, 1988). Por medio de un análisis de regresión jerárquica se pretendió explicar la variación debida al árbol, en las características morfométricas para acículas, conos y semillas. Se realizó un análisis cluster y un K-means, con el fin de clasificar a los árboles de acuerdo a los valores promedios para cada carácter evaluado. Para este análisis se consideraron los promedios de las variables de cada carácter que fue significativo en el análisis de la varianza previamente realizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de análisis efectuado para las características silvícolas evaluadas, revelaron la existencia de una notable variación intrapoblacional (Cuadro 3). La altura a la primera rama fue la variable que mayor coeficiente y factor de variación mostró con un valor de 77.4% y 36.1% respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estadísticas descriptivas para las características silvícolas evaluadas.

Variable	N	Prom.	Desv.	Min.	Máx.	CV	FV
D	30	31.74	12.89	15.6	61.1	40.6	1.6
AT	30	8.62	3.11	3.0	16.0	36.1	1.4
APR	30	1.55	1.20	0.3	5.0	77.4	3.0
C	30	2.30	0.60	1.0	4.0	25.9	1.0

D: diámetro (cm), AT: altura total (m), APR: altura a la primera rama (m), C: calidad del árbol, N: tamaño de la muestra, Prom: media, Desv: desviación estándar, Máx: valor máximo, Min: mínimo, CV: coeficiente de variación y FV: factor de variación.

El crecimiento en diámetro de los árboles suele ser más sensible a las variaciones en los factores ambientales que el crecimiento en altura. En general, el crecimiento en altura se ha representado como un proceso continuo, el cual puede ser caracterizado por una curva sigmoide bastante uniforme (Kramer y Kozlowski, 1960, citado por Aldana y Aureoles, 1991).

La altura y el diámetro de los pinos y en general de todos los árboles se ve influenciado mayormente por las características físicas y climáticas de los sitios en donde se desarrollan (Zobel y Talbert, 1988). Este pudo haber influido en la variación intrapoblacional observada para cada carácter evaluado en esta población.

En la Figura 2 se observa que la mayor parte de los individuos se clasificaron como árboles de calidad 2, que de acuerdo con la clasificación de Murillo y Camacho (1992), porque son árboles rectos o ligeramente doblados con presencia de ramas delgadas y sin presencia de bifurcaciones, protuberancias producto de la poda natural, grano en espiral, gambas o

cualquier otro daño. Este carácter es de suma importancia en proyectos de plantaciones forestales con fines comerciales o en la selección de individuos para programas de mejoramiento genético.

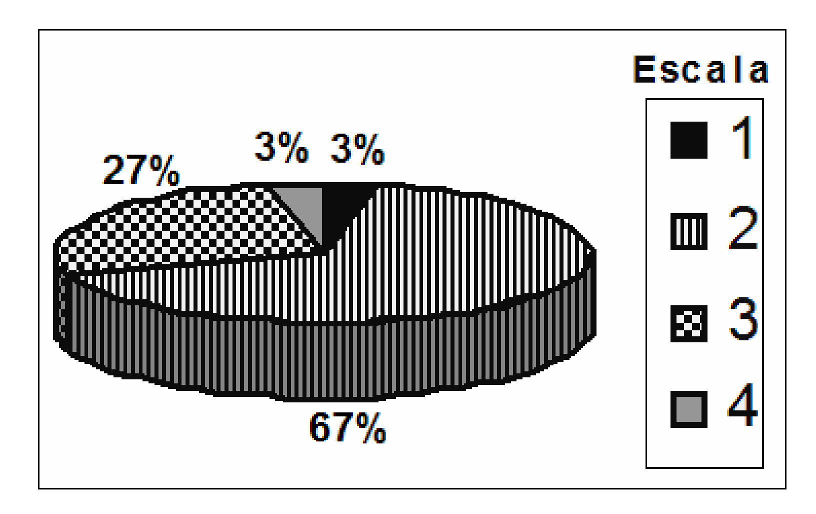


Figura 2. Variación en la calidad de los árboles evaluados.

Los resultados obtenidos del análisis de los valores de coeficiente y factor de variación para los caracteres foliares evaluados permitieron distinguir dos grupos: el más variable dentro del cual se ubicó el carácter longitud del braquiblasto (CV: 56 y FV: 3.5) y otro menos variable conformado por el resto de caracteres foliares evaluados (Cuadro 4). Similares resultados fueron obtenidos por Bermejo y Patiño (1980) quienes detectaron en *P. pseudostrobus* que la longitud del braquiblasto constituía el carácter que mayor variación presentaba en todas las localidades estudiadas.

Cuadro 4. Estadísticas descriptivas para las características foliares evaluadas.

Variable	N	Prom.	Desv.	Mín.	Máx.	CV	FV
NA	900	4.496	0.725	2.0	5.0	16.1	1.0
LAMa	900	8.377	1.881	2.6	14.2	22.5	1.4
LAMe	900	8.256	1.893	1.9	13.9	22.9	1.4
LB	900	1.367	0.766	0.3	12.4	56.0	3.5
LF	900	9.745	1.913	3.6	17.9	19.6	1.2

NA: número de acículas, LAMa: longitud de acícula mayor (cm), LAMe: longitud de acícula menor (cm), LB: longitud de blaquiblasto (cm), LF: longitud del fascículo (cm), N: tamaño de la muestra, Prom: media, Desv: desviación estándar, Máx: valor máximo, Min: mínimo, CV: coeficiente de variación y FV: factor de variación.

En cuanto al número de acículas por fascículo se ha indicado que muy pocos pinos mexicanos muestran constancia en este carácter (Eguiluz, 1985). Sin embargo, éste ha sido incluido en las claves para la determinación de las especies. De acuerdo con Martínez (1948) para *P. hartwegii* este carácter varía entre 3, 4 y 5 acículas, lo que concuerda con lo obtenido en este estudio (4 a 5 acículas). Estos resultados asimismo concuerdan con lo obtenido por Pérez (1984) quien detectara en un estudio de esta especie valores de longitud de las acículas que oscilaban entre 8 a 16.5 cm.

Los análisis de varianza efectuados revelaron asimismo una mayor contribución del componente genético (árbol) para las cinco características foliares evaluadas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Variabilidad detectada para las características foliares evaluadas.

Fuentes variación	NA	% V	LAMa	% V	LAMe	% V	LB	% V	LF	% V
Árboles	3.730***	21.0	22.918***	18.8	21.933***	18.5	2.789***	12.9	32.361***	26.8
Error	0.417	79.0	2.923	81.2	2.959	81.5	0.496	87.1	2.711	73.2
X± ES	4.50±0.65		8.4±1.71		8.26±1.72		1.37±0.70		9.75±1.65	

%V: componente de variación; *** altamente significativo (P≤0.01)

De hecho el análisis de variación para cada característica foliar evaluada, mostró un mayor aporte de variación genética atribuible al ambiente para todas las características foliares evaluadas. Estos resultados concuerdan con lo obtenido en esta especie por Little (1962), Eguiluz (1985) y Aldana y Aureoles (1991) quienes han puesto de relieve que la longitud de las acículas se encuentra correlacionada positivamente con la temperatura y precipitación imperante en la estación de crecimiento, lo que refleja que los caracteres del follaje se encuentran fuertemente influidos por los factores ambientales. De acuerdo a lo obtenido por Eguiluz (1985) el número de acículas por fascículo (en el caso de los pinos), tienen un mayor control genético que su longitud, pero también, éste es influenciado por las condiciones ambientales.

Con el análisis de correlaciones de estas características con las variables del árbol, resultó que la altura a la primera rama y la calidad fueron las más correlacionadas, seguidas de la

altura total y el diámetro. Sin embargo, con la regresión jerárquica se determinó que ninguna de las características evaluadas del árbol, explican significativamente la variación existente en esas variables correspondientes a las acículas.

Los caracteres de los conos evaluados mostraron valores promedios de 31.62 g para la variable peso, 7.8 cm para el largo, 3.61 cm para el ancho de la base del cono y 1.69 cm para el ancho del ápice del cono. De acuerdo con los valores de coeficiente de variación y factor de la misma, los conos variaron más con respecto al caracter ancho de la base y peso; mientras que las demás variables resultaron más homogéneas (Cuadro 6).

Los datos obtenidos para el largo del cono fueron muy similares a los resultantes en otro estudio morfométrico realizado en esta especie, el cual fue de 6 a 12 cm con un promedio de 8.9 cm (Pérez, 1984).

El peso promedio de las semillas por cono, mostró un valor alto de coeficiente de variación y factor de variación. Esto coincide con otros estudios realizados en el género *Pinus* (Iglesias y García, 2000), que incluyen al peso de las semillas entre los caracteres más variables.

Cuadro 6. Estadísticas descriptivas para las características de los conos.

Variable	Prom.	Desv.	Mín.	Máx.	CV	FV
Peso	31.62	14.15	11.4	86.40	44.7	2.4
Largo	7.80	1.31	4.2	11.7	18.4	1.0
AB	3.61	0.79	1.2	6.6	21.9	1.2
AÁ	1.69	0.34	1.0	3.20	19.9	1.1
PP.SE/C	0.02	0.02	0.004	0.14	90.6	7.6

AB: ancho de la base del cono, AA: ancho del ápice del cono, PP.SE/C: peso promedio de las semillas por cono, N: tamaño de la muestra, Prom: media, Desv: desviación estándar, Máx: valor máximo, Min: mínimo, CV: coeficiente de variación y FV: factor de variación.

Los resultados de los análisis de varianza efectuados (Cuadro 7), permitieron constatar la existencia de diferencias significativas para todas las variables de los conos evaluados. Esta variabilidad se debe al factor genético de un 61.6% para la variable peso, el 50% para el carácter largo, el 29.7% para el carácter ancho del ápice del cono y el 47.9% al ancho de la base del cono.

Cuadro 7. Variabilidad detectada para las características de los conos evaluados.

Fuentes de variación	P. por cono	% V	L	% V	AB	% V	AA	% V	PP.SE/C	% V
Árboles	1096.077***	61.6	7.803***	50	2.569***	47.9	0.371***	29.7	0.0129***	56.5
Error	79.952	38.4	0.892	50	0.329	62.1	0.081	70.3	0.0037***	24.1
X± ES	31.62±8.94		7.11±0.94		3.61±0.57		1.69±0.28		0.0003	19.4
									0.022±0.001	

P: peso del cono, L: largo, AB: ancho de la base del cono, AA: ancho del ápice del cono, PP.SE/C: peso promedio de semillas por cono; %V: variación y ***altamente significativo ($P \leq 0.01$)

Según lo expuesto por Little (1962), las características de los conos resultan menos afectadas por el ambiente y constituyen un factor taxonómico importante en la clasificación de las especies de pinos. Sin embargo, en este estudio se comprobó la marcada influencia ambiental en algunos de los caracteres del cono evaluados (Cuadro 5). Se ha encontrado en el género *Pinus* que el peso y el tamaño de los conos disminuyen bajo condiciones deficientes de humedad y que el grosor del cono disminuye al aumentar la precipitación (Baker, 1972; citado por López, 1993). Algunos autores han indicado que la longitud del cono se correlaciona con la altitud o el clima, es decir, los conos más largos se encuentran en las altitudes más bajas o cálidas (Pérez, 1984).

La mayor contribución ambiental en la expresión de algunas características de los conos evaluadas pudiera deberse a que el tamaño de la muestra no fue el adecuado; sin embargo el tamaño de la muestra fue superior al recomendado para estudios de variación morfológica en esta especie con un nivel de confianza de un 95% (Pérez, 1984). Estos resultados concuerdan con lo indicado por López (1993) en relación a que el peso de la semilla no muestra una asociación definida con el ambiente sino que presenta muy poca variación. De igual manera, el carácter peso ejerce un efecto importante sobre la distancia a que será

dispersada la semilla y éste representa en gran parte el capital de recursos que lleva consigo para mantener la semilla durante sus primeras fases de asentamiento (Granados, 1991).

Con el análisis de correlaciones de estas características con las variables del árbol, resultó que la altura total y la calidad del árbol fueron las más correlacionadas, seguidas de la altura a la primera rama y al diámetro. Sin embargo, con la regresión jerárquica se determinó que ninguna de las características del árbol evaluadas explican significativamente la variación existente en esas variables correspondientes a los conos. Los resultados del análisis descriptivo de los caracteres de las semillas examinadas, revelaron valores muy similares en el coeficiente de variación y factor de variación para las variables largo, ancho y grosor de la semilla (Cuadro 8).

Es importante destacar que de acuerdo con Davidson *et al*. (1996) y Lawrence (1998), las semillas con mayor peso y tamaño deben tener una mayor oportunidad de sobrevivir en las primeras fases de su ciclo de vida.

Cuadro 8. Estadísticas descriptivas para las características de las semillas.

Variable	N	Desv.	Mín.	Máx.	CV	FV
Largo	2479	0.06	0.280	0.69	12.2	1.0
Ancho	2479	0.04	0.180	0.48	12.0	1.0
Grosor	2479	0.03	0.100	0.36	12.9	1.1

N: tamaño de la muestra, Prom: media, Desv: desviación estándar, Máx: valor máximo, Min: mínimo, CV: coeficiente de variación y FV:factor de variación.

Por otra parte los resultados de los análisis de varianza efectuados mostraron la existencia de diferencias significativas para las todas las características de las semillas examinadas a nivel de árboles y de conos dentro de árboles (Cuadro 9).

Cuadro 9. Variabilidad detectada para las características morfométricas de las semillas evaluadas.

Fuentes de variación	Largo	% V	Ancho	% V	Grosor	% V
Árboles	0.1228***	52.6	0.0294***	27.0	0.0132***	25.9
Cono	0.0090***	4.9	0.0046***	5.1	0.0016***	3.3
Error	0.0023	42.5	0.0015	67.9	0.0004	70.8
X± ES	0.49±0.037		0.33±0.032		0.23±0.022	

% V: variación, ***altamente significativo (P≤0.01).

De acuerdo con estos resultados, el largo de la semilla tiene un mayor control genético en su expresión, lo que contrasta con la mayor influencia del ambiente en las características de ancho y grosor de las semillas.

El tamaño de la semilla es una característica variable en muchas poblaciones de plantas, éstas a menudo influyen en la sobrevivencia, crecimiento y reproducción. La variación en el tamaño de la semilla puede originarse de recursos genéticos o ambientales. Teóricamente se pronostica poca variación genética para características correlacionadas con éxito reproductivo, debido a un período largo de selección debido a la eliminación de alelos con efectos deteriorantes en el éxito reproductivo. Por lo tanto es probable que la variación en el tamaño de la semilla se origine en su mayor parte de recursos ambientales (Falconer, 1981; citado por Schwaegerle y Levin, 1990). Lo anteriormente se observa en los componentes de varianza que es debido al ambiente para los caracteres largo, ancho y grosor de la semilla.

Esto concuerda en general con estudios efectuados en coníferas, sobre la determinación de la base genética del tamaño de la semilla y otros atributos que han indicado que las diferencias genotípicas representan uno de los componentes más importantes de la variación detectada (El-Kassaby, 1992; Chaisurisi *et al*., 1994 ; Beaulieu y Simon, 1994).

Por otra parte, según Granados (1991) algunas características de las semillas como el grosor y ancho de la semilla se encuentran muy influidos por factores ambientales tales como humedad, temperatura y pH. Estos caracteres son de gran importancia, ya que el tamaño de la semilla influye en el vigor de las plántulas, el cual juega un papel en su sobrevivencia (Córdova, 1985).

De acuerdo al análisis de correlaciones, la altura total y la altura a la primera rama del árbol, se correlacionaron más con las características de las semillas; seguidas del diámetro y la calidad del árbol. Sin embargo, con la regresión jerárquica se determinó que ninguna de las características del árbol evaluadas, explican significativamente la variación existente en esas variables correspondientes a las semillas.

La clasificación de los genotipos sobre la base de la variación en las características morfométricas evaluadas se muestran en la Figura 3.

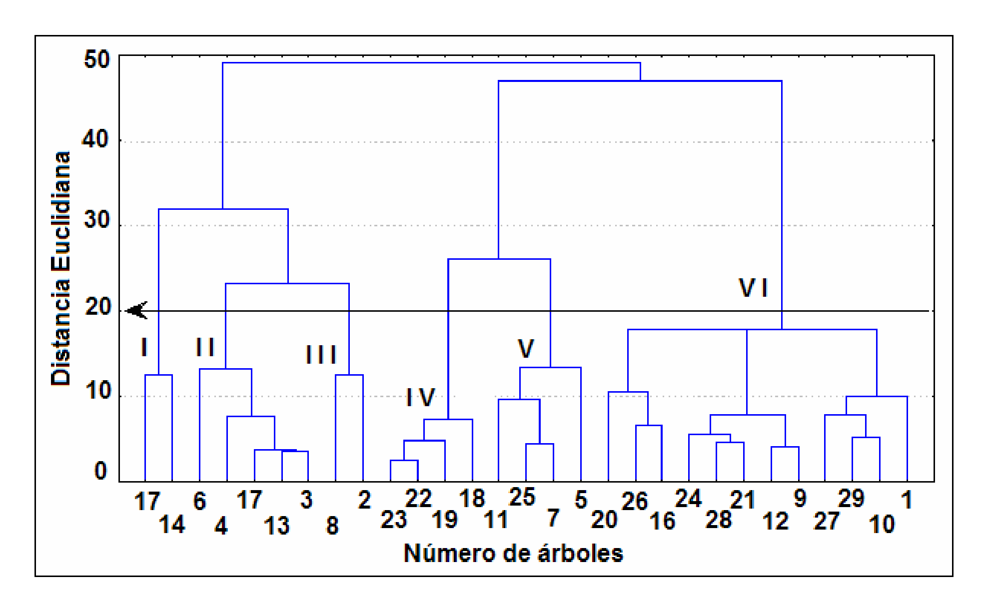


Figura 3. Dendrograma de la agrupación de los árboles sobre la base de características morfométricas evaluadas.

En la figura anterior, se observa la formación de seis grupos, donde el grupo VI lo constituye la mayor parte de los árboles (41%), y en menor cantidad se presenta el grupo I (6.9%).

El cuadro 10 muestra los árboles que conforman cada grupo, con las medias y desviaciones estándar de las variables evaluadas que resultaron significativas en la formación de dicha agrupación (diámetro, altura total, largo del cono y el peso del cono).

El análisis de los valores medios de cada uno de los grupos para los caracteres morfométricos evaluados (Cuadro 10), permitió constatar que el grupo I se caracterizó por presentar individuos con menor altura total y los mayores valores para el largo y peso del cono. El grupo III, lo constituyen los árboles con el segundo mayor valor de altura total y peso del cono y en general el grupo II, son árboles con valores muy bajos en las variables analizadas. El grupo IV se formó con árboles de menor peso del cono y el grupo V lo constituyen los individuos con mayores diámetros y mayor altura total. El grupo VI presenta los árboles con los menores diámetros y largo de conos.

Cuadro 10. Características de los grupos formados e individuos y las variables que contribuyeron a su conformación.

Grupo	Individuos		Diámetro (p =0.000)	Altura total (p =0.0476)	Largo cono (p = 0.0098)	Peso cono (p = 0.000)
I	14, 15	Prom.	27.05	5.5 (-)	9.64 (+)	61.44 (+)
		Desv.	7.14	3.54	0.27	3.94
II	6, 4, 17, 13, 3	Prom.	26.88	8.80	7.59	43.60
		Desv.	1.63	3.40	0.59	3.63
III	2, 8	Prom.	42.90	9.00	7.96	44.80
		Desv.	6.65	4.20	0.18	3.46
IV	23, 22, 18, 19	Prom.	39.93	11.0	6.99	24.93 (-)
		Desv.	2.22	1.40	0.36	1.12
V	11, 25, 7, 5	Prom.	56.83 (+)	11.30 (+)	7.01	30.33
		Desv.	3.33	4.10	0.86	4.13
VI	20, 26, 16, 24,	Prom.	22.56 (-)	7.50	6.64 (-)	25.11
	28, 21, 12, 9, 27,	Desv.	5.47	2.3	0.69	4.27
	29, 10, 1					

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio, muestran la existencia de una amplia variabilidad intrapoblacional desde el punto de vista morfométrico, lo que es de esperar considerando lo planteado por Ledig (1998) en relación a que los pinos constituyen organismos muy variables.

Ninguna de las características silvícolas evaluadas al árbol (diámetro, altura total, altura a la primera rama y calidad) contribuyeron a explicar la variación genética presentada en las variables de acículas, conos y semillas analizadas.

LITERATURA CITADA

Acosta, M. M. 1993**. Fenología de *Abies religiosa* (HBK) Schl. *et* Cham.** *In*: Memorias del 1 er. Encuentro de Ciencia y Tecnología del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Puebla. SARH/CITAEP/Gobierno del Estado 8-10/IX. Puebla, Puebla, México. 90 p.

Aldana, R. y Aureoles, S. 1991. **Fenología de brotes anuales de *Pinus hartwegii* Lindl. y *Pinus montezumae* Lamb. y su relación con los factores ambientales físicos, en la estación forestal experimental Zoquiapan, México**. Tesis Ing. Forestal. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. 80 p.

Beaulieu, J. and Simon, J.P. 1994. **Genetic structure and variability in *Pinus strobus* in Quebec**. Can. J. For. Res. 24:1726-1733.

Bermejo, B y Patiño, F. 1980. V**ariación morfológica en características de hojas y conos de *Pinus pseudostrobus* var. Oaxacana Mtz. en poblaciones naturales de los Altos de Chiapas.** Tesis Ing. Forestal. Universidad Autónoma de Chapingo, México. División de Ciencias Forestales. 42 p.

Bonilla, V.O. 1993. **Variación natural en *Pinus hartwegii* Lindl: Longitud de traqueidas de las maderas a lo largo del Eje Neovolcánico**. Tesis Ing. Forestal. Universidad Autónoma de Chapingo, México. División de Ciencias Forestales. 75 p.

Callaham, R.Z. 1964. **Investigación de procedencias: estudio de la diversidad genética asociada a la geografía.** Unasylva 18 (2-3): 40-50.

Campos, J.L. 1993. **Claves para la determinación de los pinos mexicanos**. Universidad Autónoma Chapingo, México 22:70 p.

CATIE. 1995. **Mejoramiento Forestal y Conservación de Recursos Genéticos Forestales**. Serie Técnica. Manual Técnico. Turrialba, Costa Rica. 14: 173 p.

Chaisurisi, K., Edwards, D.G., El-Kassaby, Y.A. 1994. **Effect of seed size on seedling attributes in Sitka Spruce seed.** New For. 8:81-87.

CIAT. 1983. **Programa de frijol**. Informe Anual. 278 p.

Córdova, B. 1985. **Demografía de árboles tropicales** *In*: Gómez- Pompa, A. Estudio sobre regeneración de selvas II. Ed. Alambra. pp: 103-128.

Davidson, R.H., Edwars, D.G.W., Sziklai, O., El-Kassaby, Y.A. 1996. **Genetic variation in germination parameters among populations of Pacific Silver fir. Sivae Genetics**. 45:23.

Eguiluz, P.T. 1985. **Origen y evolución del género *Pinus* (con referencia especial de los pinos mexicanos)**. Dasonomía Mexicana. 3(6):5-31.

El-Kassaby, Y.A. 1992. **Domestication and genetic diversity-should me be concerned?** For. Chron. 68:687-700.

Falconer, D.S. 1981. **Introduction to Quantitative Genetics.** 2nd Ed. Longman, London.

Granados, D. 1991. **Ecología y dispersión de las plantas**. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Serie de Apoyo Académico 45:114.

Hernández, A.J.C., Gutiérrez, G.G., Almeida, L.L. y Ordóñez, D.J.A.B. 2005. A**nálisis dendroclimático de *Pinus hartwegii* en el volcán nevado de Toluca**. México. I Simposio Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México. Memorias. Laboratorio de Biotecnología y Ecología Aplicada. LABIOTECA. Xalapa, Veracruz, México. Noviembre 17 y 18, 2005. pp: 102-103.

Iglesias, A.L., Alba, L.J. y Enriquez, J.L. 1999. **Estrategias para la conservación de la población de *Pinus hartwegii* Lindl. en la región del Perote, Veracruz**. Revista Monte Bravo, España. 4 y 5: 20-22.

Iglesias, A.L. y García, J. 2000. **Variabilidad morfométrica y bioquímica de la semilla de nueve poblaciones de pinos**. Revista Ciencia Forestal. INIFAP.

Iglesias, L. y Tivo, F.Y. 2005. **Contribución al manejo de la población de *Pinus hartwegii* Lindl. del Cofre de Perote. Agroentorno**. Funprover, Fundación Produce Veracruz. 61(8):16–17.

Iglesias, L.; Tivo, Y. y Casas, J.L. 2005. **Cofre de Perote. *Pinus hartwegii.* Agroentorno. Funprover**. Fundación Produce Veracruz. 70(8):22-24.

Lawrence, V. 1998. **Seed morphometrics and adaptative geographic differentiation. Instituto de Ecología**, Universidad Nacional Autónoma de México. Evolution 52(2):344-354.

Ledig, F.T. 1998. **Genetic variation in *Pinus*.** *In*: Richardson, D. M. (ed) Ecology and biogeography of *Pinus* Cambridge University Press. Cambridge. pp: 251-280.

Little, E.L. 1962. **Key to the mexican species of pines.** Caribean Forester 23(2):72-81.

Lopéz, J. 1993. **Variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii*.**.Agrociencia. Serie Recursos Naturales Renovables. Montecillo, México. 1(3):81-95.

Martinez, M. 1948. **Los pinos mexicanos**. 2ª. Ed. Botas; México, D.F. 361 p.

Murillo, O. y Camacho, P. 1992. **Metodología para la evaluación de la calidad de las plantaciones forestales.** *In*: Π Congreso Forestal Nacional: la Actividad Forestal al Servicio de un País en Desarrollo. Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. Dirección General Forestal. Colegio de Ingenieros Agrónomos. San José, Costa Rica. pp: 40-42.

Nieto de Pascual-Pola, C., Musálem, M. A., Ortega-Alcalá, J., 2003. **Estudio de algunas características de conos y semillas de *Abies religiosa* (HBK) Schl. *et* Cham**. Agrociencia. 37(5): 521 - 531.

Pérez, R.P. 1984. **Variación morfológica en acículas y conos de poblaciones naturales de *Pinus hartwegii* del Eje Neovolcánico**. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. 103 p.

Schwaegerle, K and Levin, D. 1990. **Quantitative genetics of seed size variation in Phlox**. Evolutionary Ecology. USA. 4:143-148.

Servicio Meteorológico Nacional. 1984. **Normales Climatológicas.** Dirección General de Geografía y Meteorología. México. 799 p.

SIRE: Conabio-Pronare, 2001. Aguilera R. Manuel. Archivo personal. ***Pinus greggii* Engelm.** SIRE: Paquetes tecnológicos, 7 p.

Solís, M.A. 1994. **Monografía de *Pinus hartwegii* Lindl**. Tesis profesional para obtener el Título de Ingeniero Forestal Universidad Autónoma de Chapingo. División Ciencias Forestales. 130 p.

Statistica. 1998. **STAT SOFT**. Inc. Statistica for window. (Computer program manual). Statistica: user guide. 2325 East 13th Street, Tulsa ok. 74104. EUA.

Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1988. **Bioestadística: Principios y Procedimientos**. McGraw-Hoññ. Omc-USA. 622p.

Tivo, F.Y. e Iglesias, A.L. 2004. **Problemática de la población e importancia de la conservación de *Pinus hartwegii* Lindl.** Agroentorno. Funprover, Fundación Produce Veracruz. 60(8):4–5.

Williams, C.G. y Savolaienen, O. 1996. **Inbreeding depression in conifers: implications for breeding strategy**. For. Sci. 42:102-117.

Zobel, B. y J. Talbert. 1988. **Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales**. Trad. I. M. Guzmán. Editorial LIMUSA. México. 545 p.

Lourdes G. Iglesias Andreu
Doctor en Ciencias egresado del Ministerio de Educación Superior de Cuba. Es profesora del Doctorado "Biodiversidad: Conservación y Gestión de las Especies y sus Hábitat" del Centro Iberoamericano de Biodiversidad de la Universidad de Alicante, España y de la Maestría en Biotecnología Agrícola del Centro de Biotecnología del Ecuador perteneciente a la Escuela Politécnica del Litoral (Guayaquil, Ecuador). Ha obtenido diversos reconocimientos Científicos otorgados por el Ministerio de Educación Superior y la Academia de Ciencias de Cuba. Actualmente es responsable del Cuerpo Académico en Formación de "Biotecnología Forestal", desarrolla la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento "Detección y uso de Marcadores moleculares".

Yamilet Tivo Fernández
Maestra en Ciencias en Ecología Forestal por el Instituto de Genética Forestal de la Universidad Veracruzana de Xalapa, Veracruz. Licenciada en Biología por la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana de Peñuela, Veracruz, México.